

WOLKENWASSER ÜBER DEM ATLANTIK - VERGLEICH ZWISCHEN KLIMAMODELLERGEBNISSEN UND MIKROWELLENFERNERKUNDUNG

Ute Hargens, Christoph Oelke, Eberhard Ruprecht, Clemens Simmer
Institut für Meereskunde, Kiel

E. Roeckner
Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg

Der Wassergehalt ist ein charakteristischer Parameter zur Beschreibung von Wolken und ihres Einflusses auf das Strahlungsfeld. Nachdem in früheren Jahren die Wolken in Klimamodellen vorgegeben und als konstant angenommen wurden, werden heute die einzelnen Wolkenparameter als abhängige Variable behandelt. Die so berechneten Felder z.B. vom Wolkenwasser können mit direkten Beobachtungen nicht verglichen werden, da der Wassergehalt keine der meteorologischen Größen darstellt, die routinemäßig beobachtet werden. Alleine Satellitenmeßverfahren, vor allem im Mikrowellenspektralbereich, liefern die Basis für die Ableitung großräumiger Felder. Der im Hamburger Klimamodell (ECHAM-T42) über dem Atlantik erzeugte Wolkenwassergehalt und Niederschlag wird mit Auswertungen von Messungen des SSM/I-Radiometers auf dem polarumlaufenden Satelliten DMSP verglichen.

Das Hamburger Klimamodell basiert in seiner Grundstruktur auf dem Wettervorhersagemodell des Europäischen Zentrums für Mittelfristige Wettervorhersage (EZMW). Diese sogenannte ECHAM-Version (ROECKNER et al., 1989) unterscheidet sich vom gegenwärtigen operationellen EZMW-Modell unter anderem durch eine geringere Auflösung und eine Modifikation der Wolken und der Strahlungsprozesse. Für die Berechnung von Wolken- und Niederschlagsprozessen wurde der Wolkenwassergehalt als prognostische Variable eingeführt (SUNDQVIST, 1978). Die Transportgleichung enthält außer den advektiven und horizontalen Transporten als Quellen- und Senkenprozesse auch Kondensation, Verdunstung und Niederschlagsbildung durch Autokonversion in Wasserwolken bzw. Sedimentation in Eiswolken. Die optischen Eigenschaften der Wolken werden als Funktion des Wolkenwassergehaltes und der Wolkendicke parametrisiert (STEPHENS, 1978). Die freien Parameter im Wolkenmodell wurden aufgrund der besser bekannten Strahlungsflüsse an die globalen Mittelwerte von ERBE angepaßt. Das Modell wurde über einen Zeitraum von 10 Jahren mit klimatologisch vorgeschriebener Meeresoberflächentemperatur und Meereisbedeckung (1979-1988) integriert. Für den Vergleich wird der Wolkenwassergehalt (LWP) für den Monat Oktober, gemittelt über 10 Jahre, verwendet (Abb. 1a).

Die in Kiel entwickelten Auswerteverfahren für die Mikrowellenmessungen wurden auf der Basis von multipler Regressionsrechnung aus Strahlungstransportrechnungen mit ca. 3000

Atmosphärenprofilen abgeleitet (SIMMER et al., 1989). Für die Bestimmung des LWP aus SSM/I-Messungen über dem Ozean wurde folgender Algorithmus entwickelt:

$$\text{LWP} = a_0 + a_1 \ln(280 - T_{37V}) + a_2 \ln(280 - T_{22V})$$

mit T_N : Helligkeitstemperatur bei der Frequenz f
und vertikaler Polarisation

a_i : Regressionskoeffizienten

Mit diesem Algorithmus läßt sich der LWP mit einer Genauigkeit von ca. 35 g/m² bestimmen. Die Verwendung eines logarithmischen Zusammenhanges zwischen LWP und den Helligkeitstemperaturen folgt aus der Strahlungstransporttheorie.

Die Verifikation der aus Mikrowellenbeobachtungen bestimmten Wolkenwassergehalte erfolgte durch einen Vergleich der Ergebnisse von Satellitenmessungen mit denen bodengebundener Messungen. Dazu wurden die aus SSM/I-Messungen abgeleiteten Felder des LWP über der Nordsee verglichen mit den Ergebnissen der während des Internationalen Cirrus Experimentes (ICE'89) an Bord von Poseidon durchgeführten Messungen mit einem 33-GHz-Radiometer. Die Satellitenmessungen liefern den LWP mit einer räumlichen Auflösung von etwa 40 km. Die Auflösung des bodengebundenen Radiometers beträgt dagegen nur wenige Dekameter. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden deshalb die aus diesen Messungen bestimmten Zeitreihen des LWP über 40 Minuten gemittelt. Trotz der Unterschiede in der zeitlichen und räumlichen Auflösung beider Datensätze zeigt sich eine gute Übereinstimmung. Die Abweichungen sind dabei geringer für relativ homogene großflächige Wolkengebiete als für Wolken, deren horizontale Ausdehnung klein ist gegenüber der räumlichen Auflösung des Satellitenradiometers.

Der Algorithmus wurde auf die SSM/I-Messungen vom Oktober 1987 über dem Atlantik angewendet (Abb. 1b).

Das Oktobermittel des Klimamodells stimmt in den groben Strukturen mit dem aus den SSM/I-Messungen abgeleitete Monatsmittel für den Oktober 1987 überein. So zeigen beide Felder hohe Wassergehalte in der ITCZ, im Bereich von Golfstrom und Brasilstrom und niedrige Werte östlich der Südspitze von Südamerika. Unterschiede bestehen dagegen vor allem in den höheren Breiten und in den Subtropen. Während die Mikrowellenergebnisse eine Abnahme des LWP nördlich von 50°N zeigen, liefert das Klimamodell in diesem Gebiet maximale Werte. In den Subtropen sind die Werte aus dem Klimamodell ins-

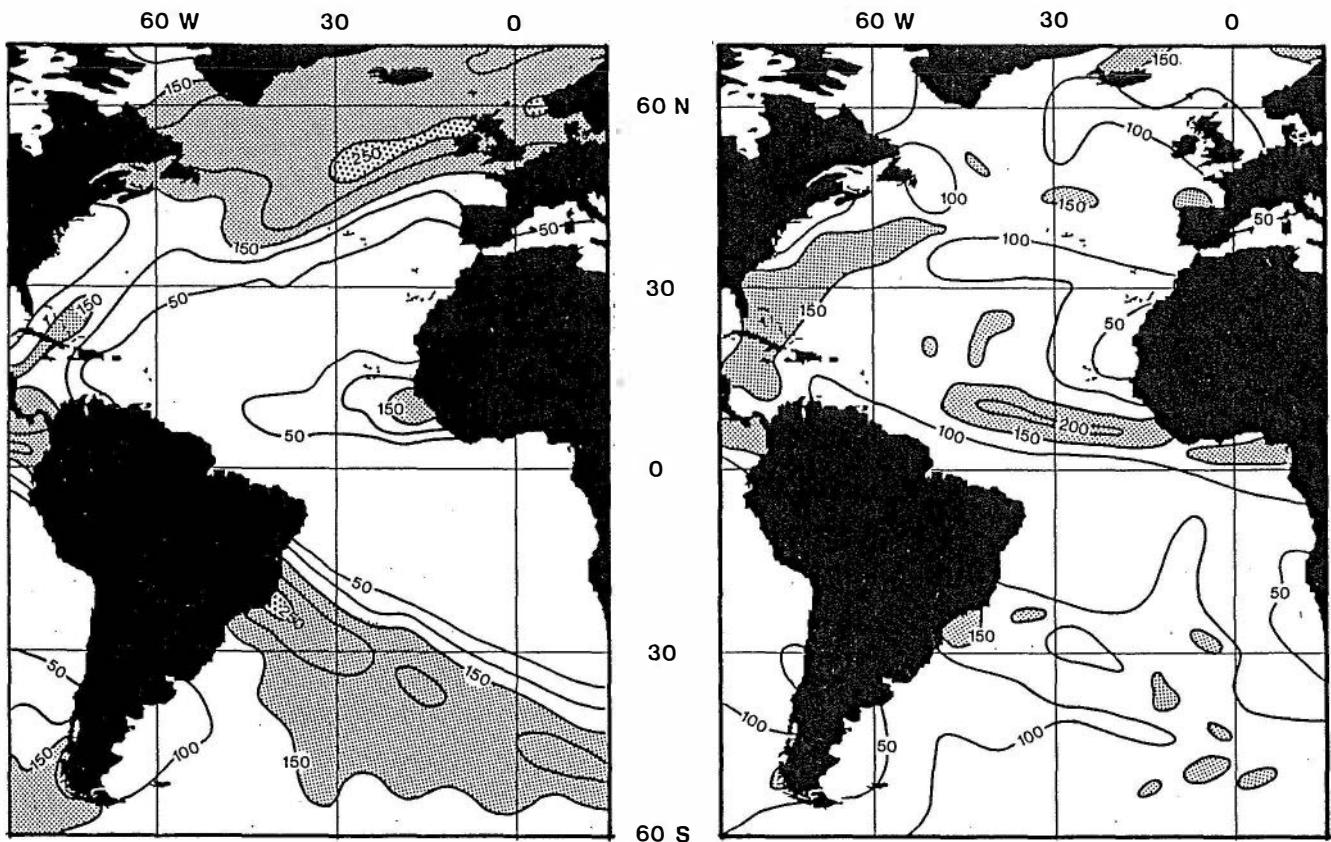


Abb.1: (a) Im Klimamodell erzeugter Wolkenwassergehalt (g/m^2) für den Monat Oktober (gemittelt über 10 Jahre).
(b) Aus SSM/I-Messungen abgeleitetes Monatsmittel des LWP (g/m^2) über dem Atlantik für Oktober 1987.

besondere über dem Nordatlantik vergleichsweise niedrig. Da die Genauigkeit des aus Mikrowellendaten bestimmten LWP für Einzelmessungen etwa 35 g/m^2 beträgt, ist nicht auszuschließen, daß auch im Monatsmittel systematische Fehler in dieser Größenordnung vorkommen können, wodurch sich ein Teil der Differenzen in den Subtropen erklären ließe. Außerdem ist bei dem Vergleich zu berücksichtigen, daß die Ergebnisse des Klimamodells die Verhältnisse für einen mittleren Oktober wiedergeben, während das aus SSM/I-Messungen abgeleitete Monatsmittel nur für den Oktober 1987 gilt. Einige der Differenzen können deshalb vielleicht auch auf die Unterschiede zwischen den Oktobermitteln der einzelnen Jahre zurückgeführt werden. Diese Variabilität bleibt noch genauer zu untersuchen. Unwahrscheinlich ist allerdings, daß die Unterschiede in den höheren Breiten dadurch vollständig erklärt werden können. Hinzu kommt, daß der zur Auswertungen der SSM/I-Daten verwendete Algorithmus bei den in dieser Region vorherrschenden hohen Windgeschwindigkeiten eher zu einer leichten Überschätzung des LWP neigt. Auch der Eisanteil der Wolken, der von den Mikrowellenmessungen nicht erfaßt wird, im Klimamodell aber enthalten ist, kann nur einen kleinen Teil der Differenzen erklären. Ein möglicher Grund für die vergleichsweise hohen LWP-Werte des Klimamodells ist die Anpassung der Wolkenparameter durch den Vergleich der simulierten Strah-

lungsflüsse mit ERBE-Messungen. Da sich die optischen Eigenschaften von Wolken im sichtbaren und infraroten Spektralbereich bei hohen Wassergehalten nur noch wenig ändern, bleibt in diesem Bereich ein relativ großer Spielraum für die Parameter-Eichung. Zusätzliche Informationen soll ein Vergleich von Häufigkeitsverteilungen des LWP und deren regionaler Variabilität liefern.

LITERATUR

- ROECKNER, E.; DÜMENIL, L.; KIRK, E.; LUNKEIT, F.; PONATER, M.; ROCKEL, B.; SAUSEN, R.; SCHLESE, U.: The Hamburg version of the ECMWF model (ECHAM). In G.J. Boer (ed): Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling CAS/JSC Working Group on Numerical Experimentation, 13 (1989), 7.1-7.4
- SIMMER, C.; HARGENS, U.; RUPRECHT, E.: Influence of cloud water distribution on the passive microwave retrieval of humidity. Adv. Space Res., 9 (1989), S. 7149-7152.
- STEPHENS, G.L.: Radiation profiles in extended water clouds. 2. Parametrization schemes. J. Atmos. Sci., 35 (1978), S. 2123-2132.
- SUNDQVIST, H.: A parametrization scheme for non-convective condensation including prediction of cloud water content. Q. J. R. Meteorol. Soc. 104 (1978), S. 677-690.